BIBLIOTHEEK
N.V.H.R.

dr. Blan

2

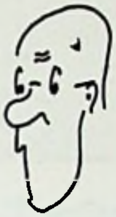
televisie cursus

NVHR
M39
oliotheek Ned. Ver. voor de Historie v/d Radic

vormingscentrum voor radio en elektronica

BIBLIOTHEEK
N.V.H.R.

dr. Blan Televisie-cursus



LES 2

DE KATODESTRAALBUIS

UITGEVERIJ VAN TECHNISCHE BOEKEN EN TIJDSCHRIFTEN

DE MUIDERKRING - BUSSUM - NEDERLAND

TELEFOON 5600 (0 2959) – POSTGIRO 83214

INHOUD

De katodestraalbuis	3
Organen en functies van de KSB	3
Elektrostatische lenzen	5
Magnetische lenzen	6
Elektronenkanon	6
Focusseerinrichting	7
Elektrostatische focussering	7
Magnetische focussering	8
Afbuiging	9
Elektrostatische afbuiging	9
Elektromagnetische afbuiging	10
Beeldscherm	12
Ionenvlek	14
Vragen bij de tweede les	16

COPYRIGHT DE MUIDERKRING – BUSSUM – NEDERLAND
NADRUK, OOK GEDEELTELIJK, IS VERBODEN

BIBLIOTHEEK
N.V.H.R.

DE KATODESTRAALBUIS

In deze buis, die we verder kortheidshalve maar KSB zullen noemen, onderscheiden we ten eerste het scherm waarop we de lichtverschijnselen zichtbaar willen maken. Hoewel het wellicht overbodig is, wil ik er toch op wijzen, dat ook deze buis geheel luchtledig moet zijn.

Dan volgt het systeem, dat in staat is om elektronen voort te brengen; dat is dan de katode. Wanneer deze elektronen gebundeld zijn tot een straal en waar deze straal het scherm met voldoende kracht treft zal zich een lichtvlek vertonen. Om de kracht waarmede de elektronen dit scherm moeten treffen te vergroten is het noodzakelijk, dat we hun snelheid verhogen. De inrichting waarmede we dit doen noemen we het elektronenkanon (het „gun", een karakteristieke engelse benaming). Daar het gewenst is. dat deze vlek zeer kleine afmetingen heeft moet er een inrichting zijn om deze elektronenstraal te bundelen; hiertoe dient de focusseerinrichting (fig. 1).

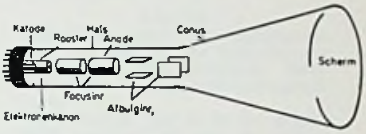


Fig. 1

We hebben echter gezien. dat een beeld op het scherm van een televisiebuis samengesteld is uit lichte en donkere vlekken; er moet dus een mogelijkheid bestaan om de lichtvlek te „doven", dus de helderheid te beïnvloeden. We doen dit met iets, dat qua functie veel overeenkomst heeft met het rooster van een normale elektronenbuis, waarmede we de sterkte van de elektronenstroom beïnvloeden. In de KSB heeft deze inrichting echter een geheel andere gedaante, doch we blijven het een rooster noemen, ofschoon de benaming officeel „Wehnelt cylinder" is, naar de duitse geleerde Wehnelt.

Uiteindelijk staat de stip, of zoals de engelse benaming luidt, de spot, nu nog op het midden van het scherm gericht. We moeten dus nog over een inrichting beschikken om de straal over het scherm te kunnen bewegen. We noemen dit afbuiging en omdat, zoals we zagen het nodig is de spot in twee loodrecht op elkaar staande richtingen te bewegen, moeten we de beschikking hebben over twee afbuiginrichtingen, die geheel onafhankelijk van elkaar moeten functioneren.

In de navolgende beschouwingen zullen we de boven opgesomde inrichtingen achtereenvolgens behandelen; we zullen daarbij zien dat er verschillende methoden bestaan om bv. de afbuiging of de focussering tot stand te brengen.

Allereerst zullen we deze beschouwingen een theoretisch karakter geven, om tenslotte de materiële opbouw van de KSB nader te belichten.

Moderne katodestraalbuis.
(Foto Philips)

DE ORGANEN EN FUNCTIES VAN DE KATODESTRAALBUIS

De katode van een elektronenstraalbuis is de bron van de elektronenstroom. Evenals bij een normale radiobuis is dit een metalen lichaam dat door elektrische stroom wordt verhit. De gedaante wijkt echter sterk af van het traditionele buisje: het is veeleer een tafeltje, dat bedekt is met een materiaal, dat de elektronen gemakkelijk doet uittreden, bv. strontiumcarbonaat.

Boven die katode vormt zich een elektronenwolk. In een dergelijke wolk zal er een heen en weer gaande elektronenbeweging bestaan van en naar de katode. Brengen we nu op enige afstand van de katode een plaatje aan van gelijke

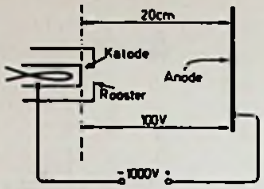


Fig. 2

afmetingen, en brengen we dit op een positieve spanning t.o.v. de katode, dan zal dit op de elektronen een aantrekkingskracht uitoefenen, waardoor de elektronen een bepaalde snelheid verkrijgen; de grootte van die snelheid hangt af van de positieve spanning op dat plaatje, dat we ook hier de anode kunnen noemen (fig. 2). In het luchtledig van de buis zou men van een „spanningsval" kunnen spreken; is de positieve spanning op de anode bijvoorbeeld 100 volt t.o.v. de katode en is de onderlinge afstand tussen anode en katode 20 cm, dan zou men kunnen zeggen: op elke cm afstand van de katode af stijgt de spanning met $\frac{100}{20} = 5$ volt, of zo men wil: over elke $\frac{20}{100} = \frac{1}{5}$ cm = 2 mm stijgt de spanning 1 volt. We spreken hier echter nooit van spanningsval, doch potentiaalverschil of spanningsgradient. Welnu, na het doorlopen van een potentiaalverschil van 1 volt heeft het elektron reeds een snelheid van 595 km per seconde of 595 km/s gekregen, terwijl bij spanningen van ca 25 kV = 25.000 V die snelheid reeds $^1/_3$ van de lichtsnelheid bedraagt!

We moeten ons echter wel realiseren, dat het hier om de snelheid van de individuele oftewel alleenreizende elektronen gaat en hierin ligt dus een groot verschil met de snelheid van een elektronenstroom, (dus een „elektronengedrang") in een geleider, die zoals we weten gelijk is aan de snelheid van het licht, dus 300.000 km/sec.

De aldus veroorzaakte elektronenstroom heeft echter volstrekt nog niet de vorm van een elektronenbundel. Om deze te veroorzaken dienen we gebruik te maken van wat men de elektronenoptiek noemt, omdat men in feite deze bundeling zonder veel bezwaar vergelijken kan met de bundeling van lichtstralen in optische (glazen) lenzen. (Op de werking van de elektronen-optiek berust ook de werking van het elektronenmicroscoop).

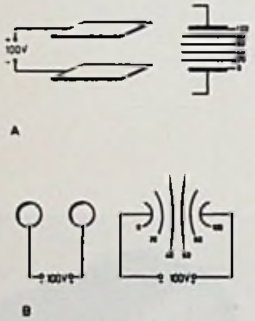


Fig. 3

A. Een condensator, gevormd door twee evenwijdige metalen platen; daarnaast de aequipotentiaallijnen (homogeen elektrostatisch veld).
B. Een condensator, gevormd door twee metalen bollen; daarnaast de aequipotentiaallijnen (niet-homogeen veld).

Een elektronenoptiek kan tot stand komen met behulp van elektrische velden of met magnetische velden. Zoals we weten spreken we van een elektrisch veld, wanneer er tussen twee metalen platen een potentiaal verschil heerst, zoals bv. tussen de platen van een condensator, waarop een bepaalde spanning is aangesloten (fig. 3). Een magnetisch veld wordt aangetroffen tussen de polen van een magneet (fig. 4). In beide gevallen kan dat veld of homogeen zijn óf een andere gedaante hebben, hetzij convergerend of divergerend. We zien dit duidelijk, wanneer we kans zouden zien in zo'n veld een „platte grond" te tekenen van de plaatsen waar gelijke potentiaalverschillen of magnetische veldsterkten heersen; door punten met gelijke potentiaalverschillen of veldsterkten met lijnen te verbinden verkrijgen we de aequipotentiaal lijnen, zoals dat ook geschiedt met de plaatjes van het K.N.M.I. waarop de barometerstanden over een groot gebied op deze wijze zijn aangegeven (de zgn. isobaren).

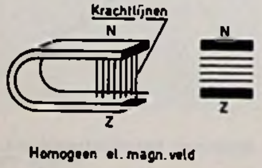


Fig. 4

Lopen deze lijnen nu recht, dan kan men van een homogeen veld spreken; in de meeste gevallen zal echter slechts een klein gedeelte van het veld homogeen zijn, zoals we uit de figuren 8 en 14 zien.

BIBLIOTHEEK
N.V.H.R.

ELEKTRISCHE LENZEN

Door tussen rooster en anode een tweetal ronde buizen aan te brengen en deze buizen op potentialen van verschillende hoogte aan te sluiten verkrijgen we een elektrische (of elektrostatische) lens (fig. 5). Het elektrisch veld is echter volstrekt niet homogeen, hetgeen we duidelijk zien in de gekromde aequipotentiaalvlakken op de doorsnede-tekening van die elektrische lens. Overeenkomstig het gebruik in de lichtoptiek hebben we ook hier slechts één elektronenbaan (vergelijk: lichtstraal) getekend; in feite doorlopen alle elektronen deze optiek, doch ze worden evenals de lichtstralen, alle op één punt geconcentreerd, zodat we van een c o n v e r g e r e n d lenssysteem moeten spreken (= samenkomend). Tenslotte wijzen we hier nog op de overeenkomst van deze elektrische lens met een dubbelbolle optische lens. Het verloop van de potentiaal, dus het potentiaalverschil zien we in de kromme onder het lenssysteem.

Een andere vorm van elektrische lens zien we in fig. 6 waarbij gebruik gemaakt wordt van een elektrode, waarin een ronde opening is aangebracht. Hierin worden de elektronenbanen, die van links af evenwijdig het systeem binnentreden, echter niet samengebundeld doch veeleer uiteengespreid. We spreken hier van een d i v e r g e r e n d e lens en wijzen op de overeenkomst van een plat-holle optische lens.

Een met ons eerste systeem verwante lens zien we in fig. 7, waarbij de evenwijdige (van links) binnentredende elektronen convergerend worden afgebogen; hier bestaat de overeenkomst met een plat-bolle optische lens.

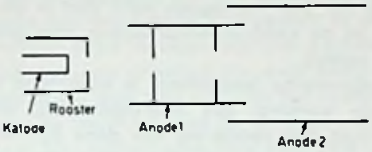


Fig. 5a
Elektrostatische (of elektrische) lens. De spanning op anode 2 moet hoger zijn dan op anode 1.

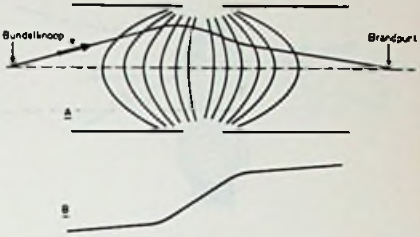


Fig. 5b
Doorsnede over de elektrische lens van fig. 5a; de aequipotentiaal-lijnen zijn gebogen, hetgeen wijst op een niet-homogeen veld.
De gebogen lijn B is de grafische voorstelling van de spanningsgradient; we zien duidelijk dat de spanning op anode 2 hoger is dan op anode 1 en dat de spanningsstijging geleidelijk plaats vindt.

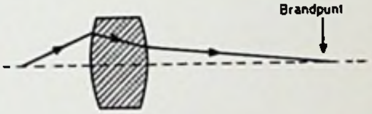


Fig. 5c
De optische lens, waarmede de elektrische lens veel overeenkomst vertoont.

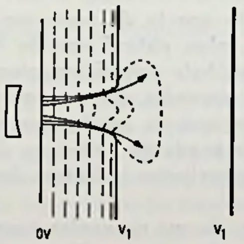


Fig. 6
Een divergerende elektrische lens; zie overeenkomst met plat-holle optische lens. De plaat, waarin zich de opening (het diafragma) bevindt, dus het rooster, is op gelijke potentiaal (V1) als de anode, doch op een positieve spanning ten opzichte van de katode.

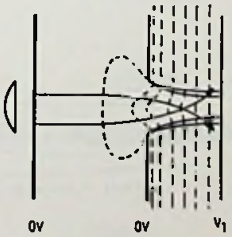


Fig. 7
Elektrische convergerende lens, overeenkomstig de plat-bolle optische lens. Rooster en katode bevinden zich op gelijke potentiaal; de anode heeft een positieve spanning V1 t.o.v. rooster/katode.

MAGNETISCHE LENZEN

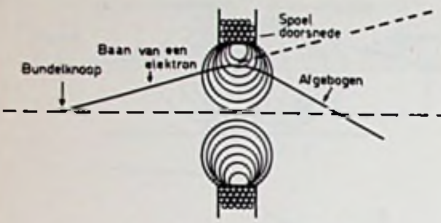


Fig. 8

Een dergelijke lens heeft de gedaante van een spoel, terwijl de elektronenbundel door de opening van de spoel gaat (fig. 8). Voor de elektronenoptiek is het hierbij belangrijk, dat het magnetische veld kort is; de spoel moet dus plat zijn. Uit de figuren blijkt wel duidelijk, dat hier volstrekt geen sprake is van een homogeen veld (het is dit niet-homogene veld, dat bij de elektronenmicroscoop zeer grote vergrotingen mogelijk maakt).

Bij dit magnetische lenssysteem is uitsluitend sprake van convergerende werking, dus overeenkomstig de dubbel bolle optische lens. De verklaring van deze bundeling kunnen we vinden in de zgn. rechterhand-regel, waarin het verband wordt vastgelegd tussen (a) de richting waarin het elektron zich beweegt, (b) de richting van het daarop werkende magnetische veld en (c) de richting waarin de baan van het elektron zal gaan afwijken onder de invloed van b. Denken we ons de situatie zodanig, dat de uitgestoken wijsvinger in de richting van de magnetische krachtlijnen loopt en de gekromde middelvinger in de bewegingsrichting van het elektron, dan zal de uitgestrekte duim de richting aangeven waarin de uitgeoefende kracht werkt.

Omdat het niet gemakkelijk is de regel te hanteren wanneer we niet over drie dimensionele afbeeldingsmogelijkheden kunnen beschikken, moeten we er ons toe bepalen vast te stellen, dat de baan van het elektron een kromming en een „wrong" verkrijgt en dat deze voornamelijk binnen de spoel optreden; de in- en uittredende trajecten zijn recht.

HET ELEKTRONENKANON

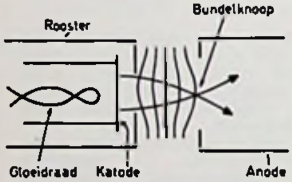


Fig. 9

Hierin ontstaat de feitelijke elektronenbundel; de basis ervan vormt de katode, een busje waarin zich de bifilair gewikkelde gloeidraad bevindt (fig. 9). Op de bovenkant, dus op het „deksel" van het busje is een stof aangebracht bv. barium carbonaat of strontium carbonaat of ook wel een mengsel van beide stoffen; bij verhitting zullen deze elektronen vrijmaken (zg. thermische emissie die eveneens bij alle andere thermische of radiobuizen optreedt).

Om de katode is een tweede busje aangebracht; in de bodem bevindt zich een kleine opening. Dit busje nu is de Wehnelt-cylinder en vervult de rol van rooster in de KSB. We brengen nu verder een anode aan in de vorm van een wijde buis, concentrisch en op enige afstand van de Wehnelt-cylinder; ook kunnen we deze buis geheel weglaten en bv. de hals van de glazen KSB inwendig met een geleidende laag bespuiten en deze laag met de anodespanning verbinden. De aansluiting voor deze anode zit buiten op de glasballon. Dat gaatje in de Wehnelt-cylinder is kleiner dan een millimeter in doorsnede.

De Wehnelt-cylinder, die we nu verder maar overeenkomstig het (verkeerde) gebruik rooster zullen gaan noemen wordt gebracht op een spanning die zowel negatief als positief t.o.v. de katode gemaakt kan worden. Maken we die spanning positief, dan is de zaak vrij eenvoudig te volgen: de uit de elektronenwolk om de katode vrijkomende elektronen ondergaan een snelheidsverhoging bij hun vlucht naar de anode; het positieve rooster vergroot het aantal elektronen, dat aan die vlucht zal deelnemen.

Maken we de spanning op het rooster echter negatief, dan zal het grootste aantal elektronen teruggestoten worden naar de katode; slechts in het midden van het gaatje in het rooster is de (negatieve) macht van het rooster minder groot en zullen enige elektronen toch nog kans zien, zij het dan met loden schoenen, zich naar de anode begeven. In het rooster hebben we dus de mogelijkheid om het aantal elektronen dat zich naar de anode kan begeven te beteugelen; in de praktijk zullen we het rooster laten variëren van een bepaalde negatieve spanning tot aan een spanning die even hoog is als de katode. Overigens is het zeer wel mogelijk het rooster op een constante spanning te handhaven en de stuurspanning aan de katode te brengen; bij oscilloscopen kent men zelfs de mogelijkheid om de stuurspanningen zowel aan het rooster als aan de katode te brengen ter verkrijging van bepaalde effecten. Naast deze bezigheid verricht het rooster echter nog een andere, zeer belangrijke functie. Katode en rooster vormen namelijk tezamen een convergerend elektronen-lenssysteem (fig. 10). De elektronen verlaten de katode echter volstrekt niet in bundelvorm; vanuit elk punt van het katodeoppervlak treden de elektronen in vrijwel alle richtingen uit; mede door de afmetingen (ø 6 mm) kan men de katode niet als één punt beschouwen. Door de convergerende werking van het rooster kan hoogstens bereikt worden dat enige bundeling optreedt. Op de plaats nu waar de bundel de geringste doorsnede heeft kan men met enige welwillendheid van een b u n d e l k n o o p spreken.

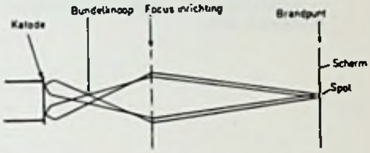


Fig. 10

Toch mogen we wel van vooruitgang spreken want deze bundelknoop is reeds véél kleiner dan het katodeoppervlak, wanneer we er nu nog in zouden slagen een tweede elektronenlenssysteem aan te brengen, kunnen we uiteindelijk de katode als één scherpe spot op het beeldscherm afbeelden. Dit tweede lenssysteem noemen we de

FOCUSSEERINRICHTING.

Vóórdat we echter verder gaan moeten we goed voor de geest houden, dat het rooster er in de eerste plaats dient om de h o e v e e l h e i d elektronen in de bundel te beinvloeden; de bundelingswerkzaamheid is eveneens een belangrijke functie, die echter evengoed plaats vindt of er nu veel of weinig elektronen in de bundel aanwezig zijn.

ELEKTROSTATISCHE FOCUSSERING

Het tweede lenssysteem zouden we kunnen uitvoeren op de reeds beschreven elektrische wijze; een holle buis wordt toegevoegd aan ons reeds aanwezige elektronenkanon (fig. 11). Tussen de eerste anode en de tweede anode moet een behoorlijk potentiaalverschil aanwezig zijn, terwijl de 2e anode steeds de hoogste potentiaal moet bezitten. Uit de aard van de zaak kan dit potentiaalverschil voor verschillende buizen verschillend liggen, zodat men potentiometerschakelingen toepast. De spanning op de 4e anode ligt meestal vast; men varieert dan de spanning op de eerste anode. Meestal bedraagt die ca. ¼ van die op de tweede anode.

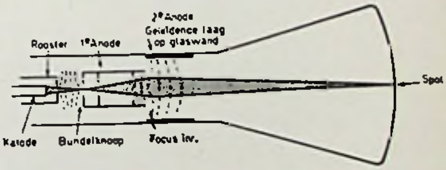


Fig. 11

Meteen springt ons een onaangename complicatie in het oog: wanneer we de focussering gaan instellen om de fijnste spot op het scherm te verkrijgen variëren we dus de spanning op de eerste anode. Maar... wanneer we even het eerste lenzen-

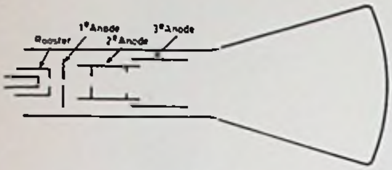


Fig. 12
De eerste anode is te vergelijken met de anode in een triode; de overige anoden noemt men „accelerators" ofwel naversnellingsanoden.

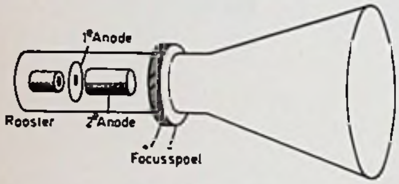


Fig. 13

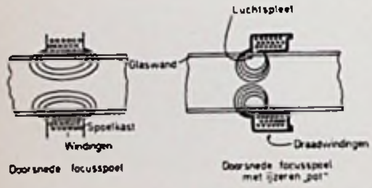


Fig. 14

systeem afzonderlijk en los van de rest bezien, valt het ons op, dat we hierdoor de anodespanning van dit systeem variëren, hetgeen in feite hetzelfde betekent als het variëren van de roosterspanning van dat systeem; dat is trouwens zo bij alle elektronenbuizen, maar... met dat rooster variëren we de hoeveelheid elektronen, dus de lichtsterkte.

Deze manier, de focussering door verandering van de spanning in het 2e lenzensysteem, de zgn. elektrostatische focussering lijkt de ware niet.

Om dit bezwaar voor een groot deel weg te nemen, is men er toe overgegaan een extra elektrode tussen het rooster en het lenssysteem aan te brengen (fig. 12). Men kan deze elektrode met een schermrooster vergelijken; het wordt aan een tussengelegen hoogspanning gelegd en men spreekt dan ook van tetrode KSB (de oorspronkelijke uitvoering noemt men een triode KSB).

DE MAGNETISCHE FOCUSSERING

Bij die methode maken we gebruik van een magneetveld om de buishals, zodat de hartlijnen van buis en spoel samenvallen. De door deze spoel teweeggebrachte magnetische 2e opitiek bundelt de elektronen tot één fijne spot op het scherm; in feite wordt met deze methode een betere focussering verkregen dan met de zoëven besproken methode (fig. 13). Hóe we dit magnetisme nu veroorzaken is bijkomstig; we mogen hierbij zowel van een elektro-magneet als een permanente magneet gebruik maken; voor de elektromagneet is het wel van belang het veld „plat" te maken. De spoel moet dus plat zijn en om een bevredigende toestand te verkrijgen doen we het best een „kern" aan te brengen, ofschoon de kern hier om de spoel heen grijpt. Het magneetveld is dan zeer scherp geconcentreerd ter plaatse van de open ringvormige sleuf in de magneet „pot". In feite lijkt de constructie wat op die van de bekrachtigingspot van de oudere E.D. luidsprekers; de luchtspleet zit echter op een andere plaats (fig. 14).

Ook kan men van permanente (bv. ferroxdure) magneten gegebruik maken; in deze beide gevallen kan men de spot focusseren (a) door de sterkte van de magneet te variëren en (b) door de magneet om de hals te bewegen van voor naar achter, totdat de fijnste spot verkregen is. Bij dit magnetische systeem wordt de helderheid, dus de werking van het rooster volstrekt niet beïnvloed, doch wel moeten de as van de buis, d.w.z. van de elektronenstraalbuis en die van de magneet samenvallen. Het variëren van de magnetische veldsterkte geschiedt door het variëren van de bekrachtigingsstroom; de sterkte van permanente magneten heeft men in de hand door het aanbrengen van een zgn. magnetische shunt, een stuk weekijzer dat parallel aan het magnetische materiaal verschoven kan worden. Versterking of verzwakking van het veld moet de vorm van de stip onbeïnvloed laten; blijft deze niet cirkelvormig dan is het magneetveld niet omwentelingsymmetrisch en klopt de zaak dus niet.

Overigens kunnen zich in de katodestraal nog verschijnselen voordien die de spot groter doen worden. De zich min of meer evenwijdig aan elkaar bewegende elektronen in de straal stoten elkaar namelijk als gelijknamig geladen lichamen af. Om dit effect te verkleinen streeft men naar een katodestraal met betrekkelijk weinig elektronen, doch met een grote

snelheid. Deze verkrijgt men door een hoge anodespanning, tot 15.000 volt toe te passen.
Nu hebben we dus een geconcentreerde spot, die in helderheid gemoduleerd kan worden (aantal elektronen) maar de spot staat nog star op het midden van het beeldscherm gericht. Hierin kan echter verandering komen; we beginnen met de

AFBUIGING

Dit afbuigen vereist op zichzelf weinig vermogen, ook al zijn de elektronen niet geheel zonder massa. De eenvoudigste methode maakt gebruik van elektrische velden; we spreken hierbij van

ELEKTROSTATISCHE AFBUIGING.

Voor de goede orde moeten we allereerst vaststellen, dat we slechts aan afbuiging kunnen gaan denken, wanneer de focussering geschied is en de bundel zo slank mogelijk is. Natuurlijk is dit principeel pas het geval op het scherm: dáár is de bundel tot een stip geconcentreerd. In feite mogen we ons echter de gehele bundel als één lijn voorstellen in de volgende beschouwing, waarbij de focussering dus als afgedaan wordt aangenomen. Voorts dienen we te bedenken, dat de elektronen na het verlaten van de focusseerinrichting praktisch hun grootste snelheid bereikt hebben; de daarna volgende afbuigsystemen mogen géén verdere versnellingen teweeg brengen.
Onder en boven de elektronenstraal (zoals we de bundel nu maar zullen noemen) brengen we een metalen plaat aan; tussen deze platen bestaat een potentiaalverschil (fig. 15). In de regel doet men het zo, dat de spanning op de éne plaat bv. 50 volt lager en op de andere plaat 50 volt hoger is, dan de anodespanning; hun gemiddelde spanning is nu gelijk aan die van de anode. Tussen de platen heerst een homogeen elektrisch (men zegt ook wel elektrostatisch) veld (nemen we nu maar aan). Het resultaat is nu, dat de elektronen (en dus ook de straal) aangetrokken worden door de plaat met de hoogste potentiaal; er staan dus op elk elektron twee krachten: de kracht waarmede het naar de anode getrokken wordt en een kracht loodrecht daarop en gericht naar de plaat met de hoogste spanning. Door deze beide krachten zal het elektron een gebogen baan gaan volgen en volgens berekeningen is dit een parabool. Is echter het elektron buiten het elektrische veld gekomen, dan zal het zijn rechtlijnige baan vervolgen, doch de verkregen afwijking blijft behouden en de nieuwe baan maakt dus een hoek met de oude!
Nu ligt het voor de hand, dat iemand de vraag voelt opkomen: Waarom nu twéé afbuigplaten? Eén plaat zou toch voldoende zijn om de afbuiging tot stand te brengen, wanneer we het „gun" naar de rand van het beeldscherm zouden laten wijzen (fig. 16). Het antwoord op die vraag luidt, dat het ongewenst is om aan de versnelling die het elektron reeds bezit in de richting van het scherm er nog een toe te voegen in de vorm van de spanning op de afbuigplaat; tijdens de normale werking zal nl. de spanning op die plaat afwisselend hoger en lager worden en hiermede zou dus het elektron niet alleen minder of meer afgebogen worden, maar tevens telkenmale bij het afbuigen een grotere snelheid verkrijgen en daarmede zou het scherm niet alleen op een

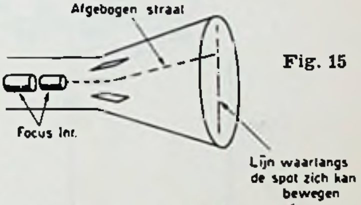


Fig. 15

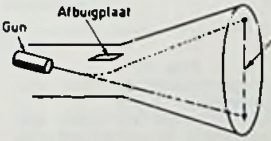


Fig. 16

De helderheid van de spot is bij fig. 15 over het gehele traject overal even helder; bij fig. 16 neemt naar boven de helderheid van de spot toe als gevolg van de grotere snelheid die door de hogere spanning op de afbuigplaat verkregen is.

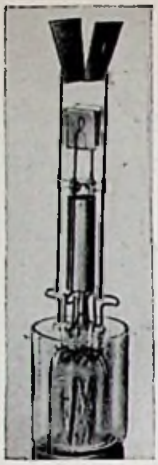


Fig. 17
Een katodestraalbuis voor elektrostatische afbuiging en focussering.

andere plaats getroffen worden maar tevens met meer kracht, waardoor de helderheid varieert. En dat is ongewenst.
Door twee platen te nemen en hun gemiddelde gezamelijke spanning gelijk te houden aan de anodespanning is dit effect vermeden. Door nu 2 van dergelijke afbuigsystemen loodrecht op elkaar te plaatsen kan de spot het gehele scherm bestrijken. Helaas is het echter niet mogelijk deze beide systemen op één plaat aan te brengen; daarom passeert de elektronenstraal eerst het éne systeem en dan het andere (fig. 17).
Het ligt echter voor de hand dat het dichtst bij de katode gelegen systeem de grootste uitwerking heeft op de afbuiging bij overigens gelijke afbuigspanningen; in de buizengids staan inderdaad voor beide systemen verschillende gevoeligheidswaarden. Voor televisiegebruik kan men de hieraan verbonden bezwaren opvangen door de gevoeligste voor de horizontale afbuiging te bestemmen; het beeldje is nl. breder dan hoog. (Verhouding hoogte tot breedte is 3 : 4).
Overigens worden buizen voor elektrostatische afbuiging, die meestal tevens van elektrostatische focussering gebruik maken, weinig voor televisie toegepast, omdat de spot te groot blijft en te hoge signaalspanningen op de platen moeten worden toegepast wanneer de beeldbuizen grote afmetingen krijgen.

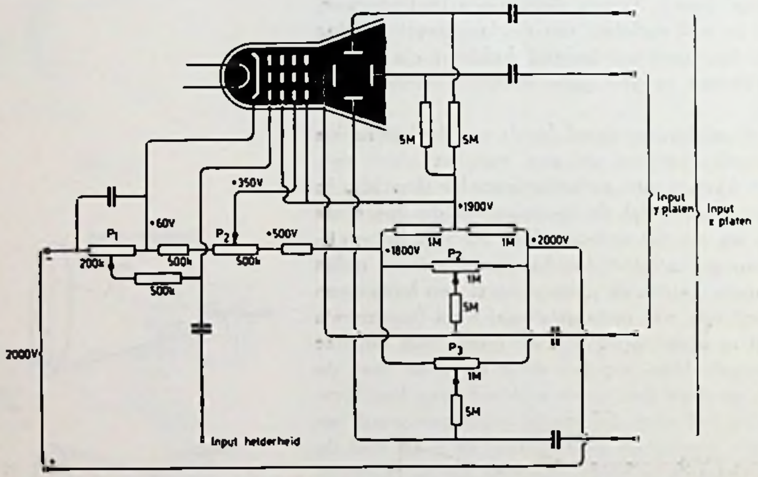


Fig. 18
Spanningsvoorziening voor een elektrostatische KSB.
De potentiometer P2 dient om de focussering in te stellen; de potentiometers P2 en P3 dienen om het beeld te centreren, d.w.z. om fabricageafwijkingen waardoor de spot in rusttoestand niet op 't midden van 't scherm zou komen te compenseren.
In feite dienen P2 en P3 om brugschakeling in te stellen.

Voor katodestraaloscilloscopen worden echter uitsluitend deze buizen gebruikt; soms zelfs met 2 systemen in de bol, zodat 2 verschijnselen tegelijkertijd zichtbaar gemaakt kunnen worden, bv. stroom en spanning van een wisselstroom. De

ELEKTROMAGNETISCHE AFBUIGING

is thans algemeen in gebruik voor televisiedoeleinden. De invloed van een magnetisch veld is te voorspellen met behulp van de rechterhandregel en hier is die toepassing van die regel wat gemakkelijker. We gaan hierbij uit van een homogeen magnetisch veld en gebruiken hiervoor voorlopig maar eens een hoefmagneet (fig. 19). Overigens zijn ook hier de focussering e.d. al achter de rug, en het elektron heeft zijn max. snelheid bereikt. De elektronenstraal wijkt dus uit onder de invloed van dit veld in de richting als aangegeven in de tekening. De stand van het magneetveld is dus 90°, een kwart slag verdraaid vergeleken bij een systeem met statische

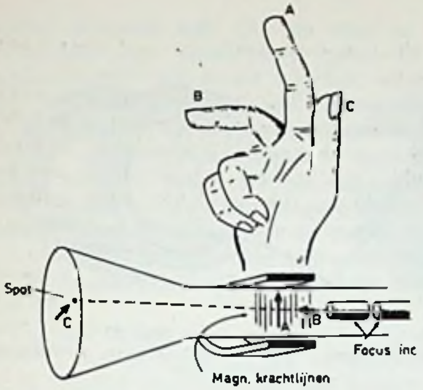


Fig. 19
Met de rechterhandregel voorspellen we de richting waarin de spot (= elektronen) zich zal bewegen onder invloed van een magnetisch veld.

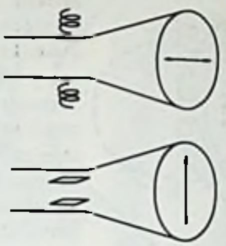


Fig. 20
(boven)
Bij elektromagnetische afbuiging: afwijking loodrecht op de veldrichting.

Fig. 20
(onder)
Bij elektrostatische afbuiging: afwijking volgens de veldrichting.

afbuiging (fig. 20). In dit geval echter zal het elektron volgens een cirkelboog afbuigen; is het elektron echter buiten het magnetisch veld, dan zal zijn baan weer rechtlijnig worden. De plaats waar de kromming inzet is ongeveer midden in het veld; dit is trouwens bij de elektrostatische afbuiging eveneens het geval. Dat de afbuiging bij het elektrostatische systeem inzet volgens een parabool en bij het elektromagnetische systeem volgens een cirkelboog is niet van wezenlijk belang; de kromme stukjes in de straal zijn vrij kort.

Nu gaat het ons echter niet om een permanente afbuiging maar om een beweegbare elektronenstraal; we moeten de permanente magneet dus vervangen door een spoel, waardoor we een gewenste wisselstroom kunnen laten lopen en daarmede het magnetische veld variëren, want de graad van afbuiging staat natuurlijk in een vast verband met de sterkte van het magnetische veld (fig. 21). Om echter met een zo

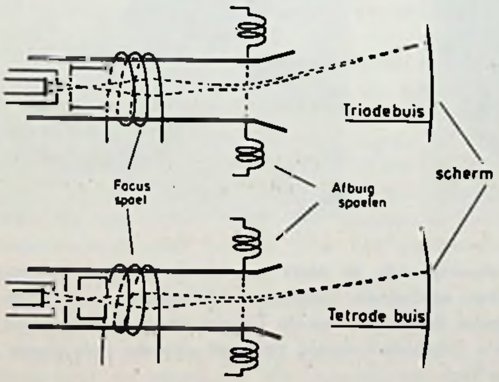


Fig. 21

De binnenwand van elk der glasballonnen is gemetalliseerd en vormt de naversnellingsanode.

Fig. 21a

gering mogelijk elektrisch vermogen uit te komen moeten de spoelen zo dicht mogelijk om de hals van de buis liggen, maar gelukkig kunnen de spoelen voor vertikale en voor horizontale afbuiging over elkaar gewikkeld worden, zodat

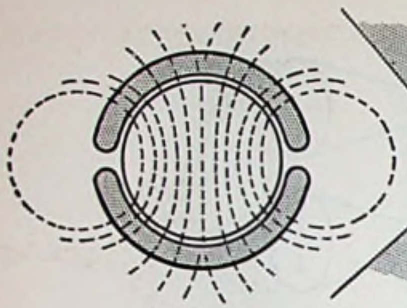


Fig. 21c
Het magnetisch veld, veroorzaakt door één om de hals gebogen spoelenpaar. Het zijn de r e c h t e einden in de spoelen die dit veld veroorzaken. Deze rechte einden lopen parallel aan de elektronenstraal; de k r o m m e einden zijn een noodzakelijk kwaad en veroorzaken een ongewenste veld-vervorming.

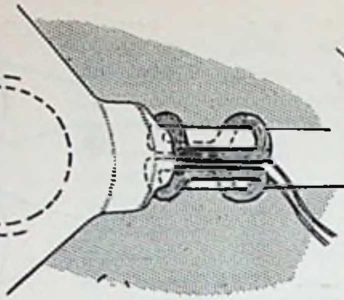


Fig. 21b
Eén om de hals gebogen spoelenpaar.

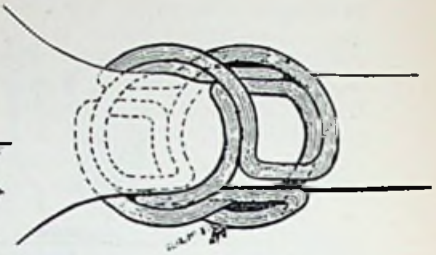


Fig. 22
Twee over elkaar gewikkelde spoelenparen.

de gevoeligheid voor beide afbuigingen even groot is (fig. 22). Het fabriceren van deze spoelen is een probleem op zich zelf. In principe hebben ze de gedaante als in de figuur te zien is, maar daar de beeldschermen steeds groter worden moet men de spoelen steeds dichter naar de overgang tussen hals en conus brengen, ja zelfs ten dele tegen de conus bouwen. De reden hiervan ligt voor de hand: anders zou de straal tegen het glas komen (fig. 23).

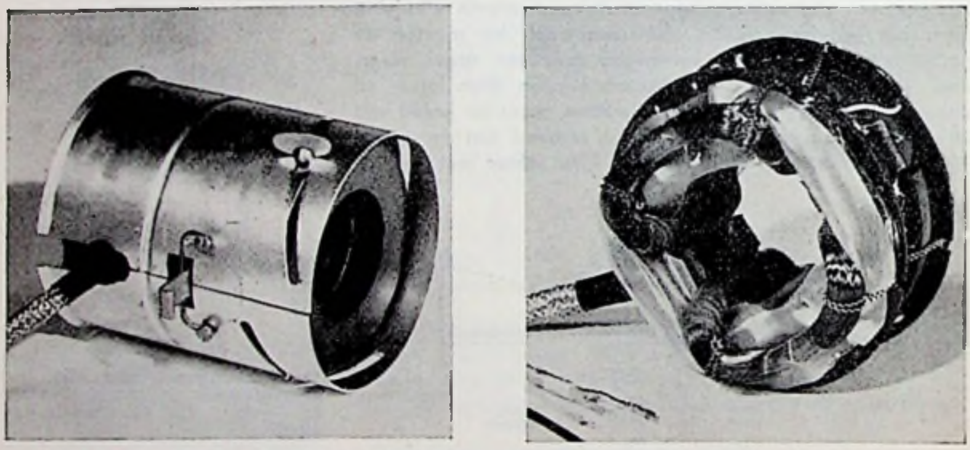


Fig. 23
Rechts: de afbuigspoelen, die in een vorm gewikkeld worden en daarna door een bak-proces in een oven tot een vormvast geheel gevormd worden. Men gebruikt hiervoor thermo-plaekdraad.
Links: de afbuigspoelen in bus, met aansluitsnoer en steker; op de bus zijn tevens de focusseermagneten aangebracht. Door de schroef te verstellen worden beide ferroxdure magneten dichter bij elkaar of verder van-één gebracht.

Natuurlijk zou er niets aan de hand zijn, wanneer de buis maar voldoende lengte mocht hebben, maar dat mag niet, omdat de diepte van de TV-ontvanger dan te groot wordt; bij vele fabrikaten steekt de voet van de buis reeds achter uit de kast.
Blijft als belangrijk punt nog over het

BEELDSCHERM.

De elektronenstraal zelf is, zoals we zagen(!) onzichtbaar; een lichtvlek krijgen we eerst, wanneer die straal een be-

paalde substantie treft. Om dit effect te bereiken beschikt de techniek over verschillende stoffen; bij een „elektronenbombardement" (zo noemt men het, wanneer de straal die stof raakt) wordt de bij deze botsing vrijkomende energie omgezet in licht. Dit verschijnsel noemt men l u m i n i s c e n t i e en wel katodeluminiscentie in verband met de „krachtbron"; overigens mogen we het niet verwarren met fosforiscentie, zoals we deze bij lichtgevende stoffen, bv. op onze wekker waarnemen. Hier licht de stof nl. ná, ook wanneer de oorzaak (in dit geval het daglicht) reeds lang weggenomen is; bij ons beeldscherm mag het nalichten maar héél kort duren (fig. 24).

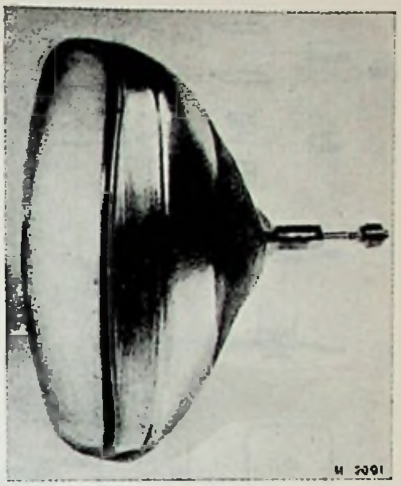


Fig. 24
Moderne beeldbuis met rechthoekig scherm. (Foto Philips)

Welke stof (luminofoor) we nu toe gaan passen hangt helemaal af van de kleur die we verlangen. Meestal ziet men in de katodestraaloscilloscopen een heldere groene kleur, die aangenaam aandoet en weinig vermoeit aan de ogen; voor TV-toestellen ziet men meestal blauw-achtig witte oplichting.
We moeten echter niet denken dat de behandeling van dit onderwerp hiermede kan eindigen. Om te beginnen zal de luminofoor tegen de binnenwand van het schermvlak gestreken zijn; de stof wordt dus in de „rug" door de elektronenstraal geactiveerd. Resultaat: binnen in de buis komt het beeld helderder te zien dan aan de voorzijde (fig. 25).
Bovendien straalt die helderheid binnen in de glasballon via allerlei reflecties naar de andere delen van het beeldscherm, die beter donker kunnen blijven. Resultaat: contrastvermindering. Remedie hiertegen is het opdampen van een dunne aluminiumlaag binnen in de buis, zeer dun natuurlijk. De lichtopbrengst wordt daardoor iets gunstiger en reflecties wordt vermelden (fig. 25, onderhelft).

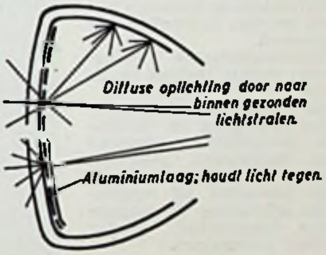


Fig. 25

Een andere narigheid doet zich voor door de dikte van het glas. De buis is sterk luchtledig gepompt, dus op het beeldscherm staat een grote druk van buiten af. Helemaal vlak mag men het dus niet maken en de dikte moet behoorlijk zijn. De luminofoor is op de glaswand gespoten; bij oplichten straalt de helderheid in alle richtingen door het glas. Resultaat: een deel van de lichtstralen zal in het glas blijven en zgn. halovlekkenveroorzaken, die door herhaald reflecteren binnen het glas nog storend werken; elke lichtstip wordt dan door een lichtcirkel omgeven, zo ongeveer als een kring om de maan (fig. 26).

Fig. 26

Tenslotte komt een vrij onaangenaam verschijnsel ter sprake. Tot nu toe hebben we de elektronen uit de katode laten treden, ze samen gebundeld en de bundel krom gebogen. Ondanks de grote zorg bij de fabricage blijven er echter steeds gasresten in de glasballon achter. Vooral nu in de omgeving van de bundelknopen zullen zich hier gas-ionen gaan vormen, dus gas-atomen, waar een elektron te kort is of een elektronenoverschot bestaat (resp. de positieve en negatieve ionen).
De positieve ionen zoeken de (negatieve) katode op en beïnvloeden de levensduur ongunstig (men noemt dat vergiftigen); de negatieve ionen hebben uit de aard der zaak meer belangstelling voor de anode en alle bewerkingen als versnellen, focussering en afbuiging ondergaan ze gewillig, ten minste bij de statische afbuiging. Ze gedragen zich nagenoeg als de elektronen (fig. 27).

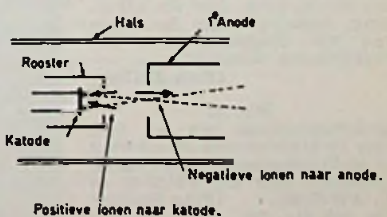


Fig. 27

Bij de elektromagnetische afbuiging blijkt het merkwaardige verschijnsel, dat ze, als gevolg van hun massa die wel 4000 à 400.000 maal groter kan zijn dan van elektronen, veel minder

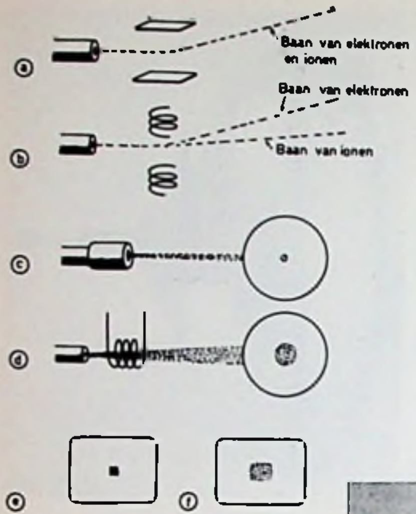


Fig. 28
a) Uitwerking van elektrostatisch-veld is op elektronen en ionen nagenoeg dezelfde.
b) Invloed van elektromagnetisch veld op elektronen is veel groter dan op ionen.
c) Elektrostatische focussering: ionen worden behoorlijk gefocusseerd.
d) Elektromagnetische focussering: weinig invloed op de ionen.
e) Felle ionenvlek bij magnetische afbuiging en elektrische focussering, wanneer geen voorzorgen genomen zijn.
f) Vage ionenvlek bij magnetische afbuiging en magnetische focussering, zonder verdere voorzorgen.

ver af-gebogen worden dan de elektronen (fig. 28). Bij volledige normale afbuiging van de elektronen over het buisscherm zullen de mede-geleverde ionen slechts een beeldje van 4 × 4 mm beschrijven in het midden van het scherm, dat onder het hardhandige bombardement daar ter plaatse spoedig een gat in de luminiscentielaag vertoont, waar de oplichting voor goed verdwenen is; we noemen dat een

IONENVLEK.

Dit opeenhopen op een kleine plek is vooral geprononceerd bij elektrostatische focussering, want we zagen dat de elektrostatische invloed op elektronen en ionen vrijwel even groot is; de focussering was helaas dus wel in orde.
Past men echter zowel magnetische afbuiging en -focussering toe, dan zal er niet alleen van de afbuiging van die ionen niets terecht komen, maar ook de focussering valt in het

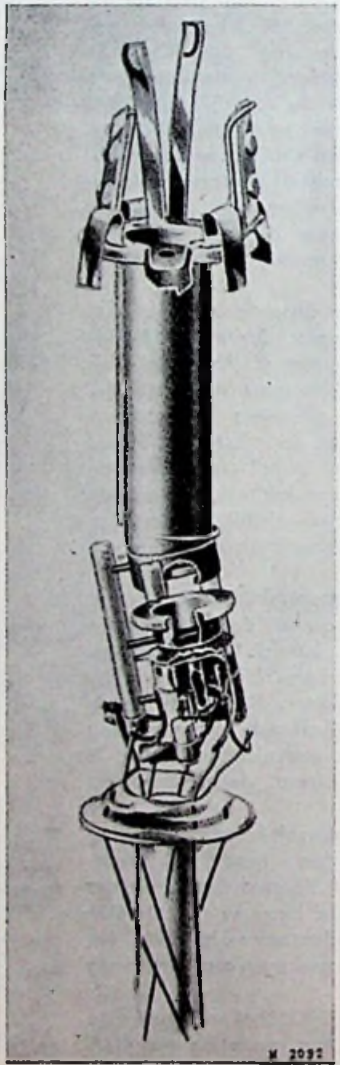


Fig. 29
Elektronenkanon van een buis voor elektromagnetische afbuiging (bestemd voor de MW53-80, een 53 cm buis, voor 90° afbuiging, waarbij 53 cm de lengte van een diagonaal over het beeldscherm voorstelt). (Foto Philips)

Fig. 30
Elektronenkanon van een buis voor elektrostatische focussering en elektromagnetische afbuiging (bestemd voor de AW53-80 en de AW43-80). (Foto Philips)
Zie ook fig. 32.

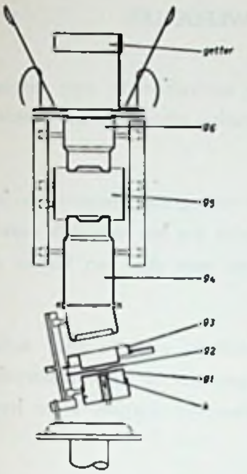


Fig. 30

Het systeem van fig. 30; G4 en 6 zijn naversnellingsanoden, waarbij de ionen stranden in G4. De spanning op G4—6 is 18.000 volt! G5 is de focusserings-anode, die doorverbonden is met G3; de focusseringsspanning bedraagt ca. 100 V. G2, de eigenlijke anode krijgt ca. 300 volt; de stroom door G4 en 6 is zéér klein, ca. 100 μA = 0,1 mA. G4 en G6 worden doorverbonden door drukveertjes met de gemetalliseerde binnenwand van de glasballon. De hoogspanningsaansluiting komt opzij van de glasballon tot stand op een door het glas gevoerd contactpuntje.

water en als gunstig resultaat zien we al de afbraakplek minder sterk geconcentreerd en veel minder schadelijk. Maar niettemin aanwezig.

De reeds genoemde inwendige metaalspiegel op het scherm in de buis levert een afdoende remedie. Een andere remedie past men toe, door het elektronenkanon scheef ten opzichte van de laatste anoden op te stellen (fig. 29 en 30).

Zowel elektronen als de zware ionen schieten dus buiten het focusseersysteem. Nu is dat voor de ionen zeer welkom, maar voor de elektronen niet. Nu brengt men echter met behulp van een eenvoudige magneet buiten de buis een extra afbuigveldje aan: de elektronen keren van hun dwalingen weer op het goede pad terug (fig. 31 en 32). De zware ionen reageren echter niet op dit magneetveld en zijn en blijven dus buiten. Men noemt deze list met scheef elektronenkanon en uitwendige magneet een ionen-val (ion-trap).

Helaas is met het bovenstaande relaas nog lang niet alles verteld over de elektronenstraalbuis; deze punten worden echter niet vergeten doch komen in de verdere lessen nog ter sprake.

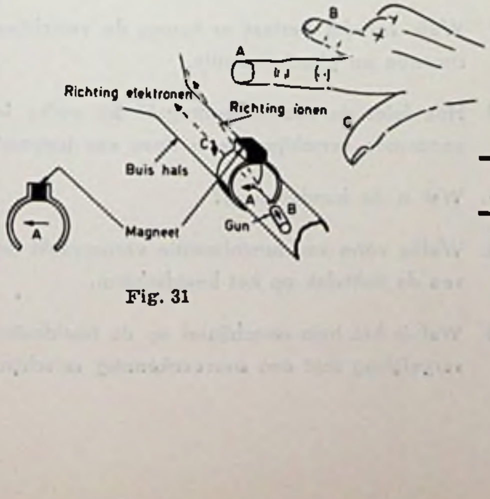


Fig. 31

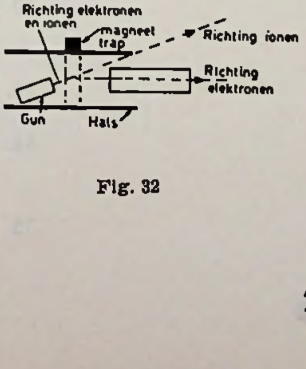


Fig. 32

VRAGEN BIJ DE TWEEDE LES

1. Noem de elektroden, die we aantreffen in een tetrode katrodestraalbuis voor magnetische afbuiging en elektromagnetische afbuiging.

2. De katode van een KSB heeft vrij grote afmetingen (ca. 5 mm ø). Vertel op welke manier we het mogelijk maken deze katode op het scherm als een stip van kleine afmetingen te projecteren.

3. Wanneer we een grote helderheid van de spot willen bereiken, moeten we dan zorgen dat er veel elektroden in de bundel komen of moeten we zorgen voor hoge anodespanning?

4. Schets in woord en beeld de werking van een elektrostatische focussering en van een elektromagnetische focussering.

5. Vertel de invloed van beide focusseringsmethoden op de ionen.

6. Vertel waarom we voor televisiegebruik de voorkeur geven aan buizen met magnetische afbuiging.

7. Is de snelheid van de individuele elektronen in de straal gelijk aan die van een normale elektronenstroom in een geleider of wijkt die daarvan af?

8. Vertel op welke twee manieren we de ionenvlekken op het beeldscherm kunnen ontgaan. Met welke van deze twee remedies verkrijgen we nog een extra voordeel?

9. Waarom bestaan er bezwaren tegen het aanbrengen van slechts één afbuigplaat in plaats van twee?

10. Zijn de invloeden van de beide paren afbuigingsplaten bij een elektrostatisch afbuigsysteem even groot? Verklaar het antwoord.

11. Welk verschil bestaat er tussen de verschijnselen: fluoriscentie en phosforiscentie.

12. Hoe luidt de rechterhandregel? Bij welke in deze les genoemde verschijnselen is deze van toepassing?

13. Wat is de bundelknoop?

14. Welke vorm van luminiscentie veroorzaakt het oplichten van de lichtvlek op het beeldscherm.

15. Wat is het halo-verschijnsel op de beeldbuis; maak een vergelijking met een overeenkomstig verschijnsel.